

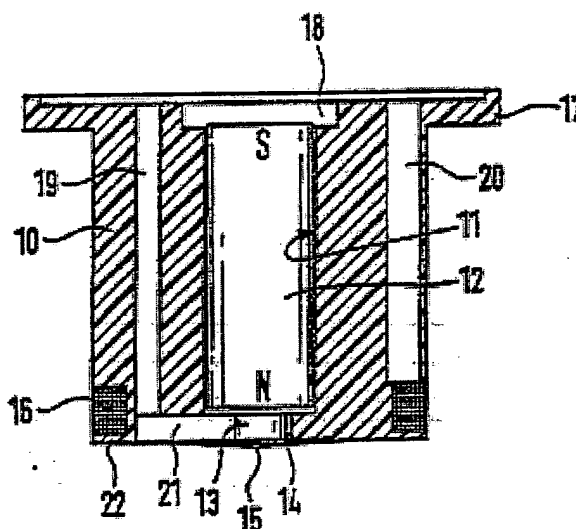
B2

Combined measurement probe for measuring thickness of non-conducting layer on metal carrier

Patent number: DE19543362
Publication date: 1997-05-22
Inventor: LIST HEINZ-DIETER DIPL ING (DE)
Applicant: LIST MAGNETIK DIPL ING HEINRIC (DE)
Classification:
- international: G01B7/06; G01D5/242; G01R33/06; G01B101/10
- european: G01B7/10C
Application number: DE19951043362 19951121
Priority number(s): DE19951043362 19951121

Abstract of DE19543362

The probe has a permanent magnet (12), a single Hall element (13) subjected to the magnetic flux and forming the measurement pole on its side facing away from the magnet, and a high frequency coil (16) enclosing the North-South axis of the magnet. The Hall element is mounted directly on one or other of the two poles of the permanent magnet. The high frequency coil is positioned in or protrudes into the longitudinal region of the permanent magnet.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

B2



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 195 43 362 A 1

51 Int. Cl.⁸:
G 01 B 7/06
G 01 D 5/242
G 01 R 33/06
// G 01 B 101:10

21 Aktenzeichen: 195 43 362.9
22 Anmeldetag: 21. 11. 95
43 Offenlegungstag: 22. 5. 97

DE 195 43 362 A 1

71 Anmelder:
List-Magnetik Dipl.-Ing. Heinrich List GmbH, 70771
Leinfelden-Echterdingen, DE

74 Vertreter:
Patentanwälte Magenbauer, Reimold, Vetter & Abel,
73728 Esslingen

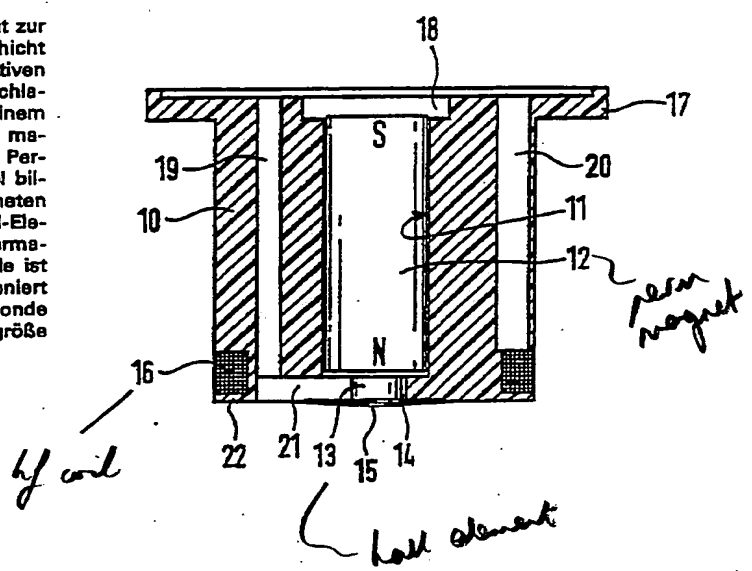
72 Erfinder:
List, Heinz-Dieter, Dipl.-Ing., 73780 Ostfildern, DE

56 Entgegenhaltungen:
DE 43 33 419 A1
DE 43 27 712 A1
DE 42 10 889 A1
DE 30 19 540 A1
DE 24 10 047 A1
SCHAUMBURG, H.: Sensoranwendungen, B.G.
Teubner, Stuttgart 1995, S. 180-187;

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Kombinierte Meßsonde zur Schichtdickenmessung

57 Es wird eine kombinierte Meßsonde für ein Meßgerät zur Messung der Dicke einer elektrisch nicht-leitenden Schicht auf einem metallischen Träger nach dem magnetinduktiven Meßverfahren und Wirbelstrommeßverfahren vorgeschlagen. Diese Meßsonde besteht im wesentlichen aus einem Permanentmagneten (12), einem einzigen von diesem magnetisch durchfluteten Hall-Element (13), dessen vom Permanentmagneten (12) wegweisende Seite den Meßpol bildet und einer die Nord-Süd-Achse des Permanentmagneten (12) umgreifenden Hochfrequenzspule (16). Das Hall-Element (13) ist direkt an einem der beiden Pole des Permanentmagneten (12) angeordnet. Die Hochfrequenzspule ist im Längenbereich des Permanentmagneten (12) positioniert oder ragt in diesen hinein. Diese kombinierte Meßsonde kann sehr einfach und kostengünstig bei kleinster Baugröße hergestellt werden.



DE 195 43 362 A 1

Die Erfindung betrifft eine kombinierte Meßsonde für ein Meßgerät zur Messung der Dicke einer elektrisch nicht-leitenden Schicht auf einem metallischen Träger nach dem magnetinduktiven Meßverfahren und Wirbelstrommeßverfahren, mit einem Permanentmagneten, einem einzigen von diesem magnetisch durchfluteten Hall-Element, dessen vom Permanentmagneten wegweisende Seite den Meßpol bildet, und mit einer die Nord-Süd-Achse des Permanentmagneten umgreifenden Hochfrequenzspule.

Eine derartige Meßsonde ist beispielsweise aus der DE 42 10 689 bekannt. Das Wirbelstrommeßverfahren wird zur Messung der Dicke von nicht-leitenden Schichten auf einem Untergrund bzw. Träger aus einem Nicht-eisen-Metall bzw. einem diamagnetischen Material angewandt. Bei diesem Verfahren werden von der über die Hochfrequenzspule mit hochfrequentem Wechselstrom gespeiste Meßsonde am Meßpol schnell wechselnde magnetische Felder erzeugt, die in dem elektrisch leitfähigen Träger der nicht-leitenden Schicht, deren Dicke gemessen werden soll, Wirbelströme erzeugen, deren begleitende Magnetfelder dem von der Meßspule erzeugten Magnetfeld entgegenwirken, wobei deren Rückwirkungen auf die Meßspule zur Erzeugung eines elektrischen Meßsignals ausgewertet werden, welches der zu messenden Dicke der nichtleitenden Schicht entspricht. Soll dagegen die Dicke einer nicht-leitenden Schicht und galvanischer Schichten auf einem magnetisch leitenden Untergrund bzw. Träger gemessen werden, so wird das magnetinduktive Verfahren angewandt, bei dem die Hochfrequenzspule keine Rolle spielt. Hierbei wird in Abhängigkeit der zu messenden Schichtdicke die Verteilung des magnetischen Flusses, der durch den Permanentmagneten erzeugt wird, auf einen magnetischen Hauptflußpfad und einen magnetischen Nebenflußpfad geändert, wobei die Höhe des magnetischen Hauptflusses mit Hilfe des Hall-Elements erfaßt und in ein entsprechendes elektrisches Signal umgewandelt wird, welches der zu messenden Schichtdicke entspricht.

Die bekannte kombinierte Meßsonde ist jedoch relativ aufwendig und teuer konstruiert und trägt nicht dem Bedürfnis nach immer kleiner werdenden Meßsonden in ausreichendem Maße Rechnung.

Eine aus der DE 30 19 540 bekannte Meßsonde eignet sich nur zur Messung von Schichten auf einem ferromagnetischen Trägermaterial und benötigt zwei Magnetfeldsensoren an den beiden Polen des Permanentmagneten, wodurch trotz der Einschränkung der Meßmöglichkeiten die Kosten und der Aufwand kaum reduziert werden können.

Aus der DE 24 10 047 ist eine kombinierte Meßsonde für beide Meßverfahren bekannt, die jedoch eine Spule mit drei Wicklungen und eine sehr aufwendige Meß- und Auswerteschaltung benötigt, was die Herstellung sehr kleiner Meßsonden sehr erschwert.

Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht daher darin, eine kombinierte Meßsonde für beide Meßverfahren zu schaffen, die bei einfachstem Aufbau und geringen Kosten in sehr kleinen Baugrößen realisiert werden kann.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß das Hall-Element direkt an einem der beiden Pole des Permanentmagneten angeordnet ist, und daß die Hochfrequenzspule im Längenbereich des Permanentmagneten positioniert ist oder in diesen Längenbereich

ragt.

Bei der erfindungsgemäßen Anordnung werden nur noch die für die Meßfunktion wichtigen Bauteile, nämlich Hall-Element, Permanentmagnet und Hochfrequenzspule benötigt, wobei durch die direkte Anordnung des Hall-Elements am Permanentmagneten bei einfachstem Aufbau kleinste Baugrößen realisiert werden können, so daß neben sehr kleinen Baugrößen nur noch sehr geringe Herstellungs- und Montagekosten anfallen.

Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen der im Anspruch 1 angegebenen Meßsonde möglich.

Das Hall-Element ist zweckmäßigerweise konzentrisch zum insbesondere zylindrisch ausgebildeten Permanentmagneten an einer dessen Stirnseiten angeordnet. In vorteilhafter Weise dient ein nichtmetallischer Trägerkörper zur Aufnahme und/oder als Halter des Permanentmagneten, des Hall-Elements und der Hochfrequenzspule. Ein solcher Trägerkörper kann in einfachster Weise beispielsweise als Spritzgußteil hergestellt werden, wobei die für die Messung erforderlichen Bauteile nur noch auf-, an- oder eingesteckt werden müssen. Insbesondere ist dabei die Hochfrequenzspule in einer Umfangsnut des Trägerkörpers und der Permanentmagnet sowie das Hall-Element in konzentrischen Ausnehmungen des Trägerkörpers angeordnet.

Für die Zuführungsleitungen zu den elektrischen Anschlüssen des Hall-Elements und der Hochfrequenzspule besitzt der Trägerkörper in vorteilhafter Weise Leitungskanäle, in die diese Leitungen lediglich eingeführt werden müssen.

Zum Schutz des Hall-Elements und zur Vorgabe eines geringen Meßabstands ist die als Meßpol ausgebildete Seite des Hall-Elements mit einem unmagnetischen Polelement versehen, das vorzugsweise als flaches Saphirelement ausgebildet sein kann. Der axiale Durchmesser des Hall-Elements zusammen mit dem Polelement beträgt weniger als 1 mm, so daß sich bei der magnetinduktiven Messung ein sehr kleiner Streubereich für den magnetischen Rückschluß ergibt. Somit kann man mit einer einmaligen Kalibrierung der Meßsonde auf ebenen Flächen auch auf Radien bis 1,5 mm Messungen durchführen, ohne daß eine auf den Radius abgestimmte Kalibrierung, wie dies bei den bekannten Meßverfahren notwendig ist, durchgeführt werden muß. Um bei der Messung von dickeren Schichten eine ausreichende magnetische Fällstärke zur Verfügung zu haben, weist der Trägerkörper Mittel zur Aufnahme und/oder zum Anbringen wenigstens eines weiteren Permanentmagneten am ersten Permanentmagneten auf, wobei die beiden Permanentmagneten stirnseitig aneinanderliegen. Hierdurch kann die magnetische Fällstärke nach Erfordernis erhöht werden.

Als Permanentmagnet eignet sich insbesondere ein SmCo- oder ein Neodym-Permanentmagnet.

Die Hochfrequenzspule ist vorzugsweise im Längenbereich des Hall-Elements, also im Bereich des Meßpols angeordnet.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Die einzige Figur zeigt ein Ausführungsbeispiel einer kombinierten Meßsonde in einer Längsschnittdarstellung.

Bei dem in der einzigen Figur dargestellten Ausführungsbeispiel einer kombinierten Meßsonde enthält ein zylindrischer Trägerkörper 10 aus einem nichtmetalli-

schen Werkstoff, beispielsweise aus Kunststoff, eine konzentrische zylindrische Ausnehmung 11 zur Aufnahme eines entsprechend zylindrisch ausgebildeten Permanentmagneten 12. Dieser Permanentmagnet 12 ist in axialer Richtung magnetisiert. An einer Stirnseite des Permanentmagneten 12, gemäß dem Ausführungsbeispiel die untere, als Nordpol magnetisierte Stirnseite, ist ein Hall-Element 13 in einer entsprechend geformten konzentrischen Ausnehmung 14 des Trägerkörpers 10 mit kleinerem Durchmesser angeordnet. Die vom Permanentmagnet 12 wegweisende Seite des Hall-Elements 13 ist als Meßpol ausgebildet und mit einem unmagnetischen Polelement 15 versehen, das beispielsweise als flaches scheibenartiges Saphirelement ausgebildet ist. Dieses Polelement weist im mittleren Bereich die größte Dicke auf und ist zu den Seiten hin abgeflacht.

Die Dicke des Hall-Elements 13 kann zusammen mit dem Polelement 15 weniger als 1 mm betragen. Der Permanentmagnet 12 weist beispielsweise einen Durchmesser von 2 mm und eine Länge von 6 mm auf, so daß die Meßsonde insgesamt sehr klein ausgebildet ist.

In einer Umfangsnut des Trägerkörpers 10 ist eine Hochfrequenzspule 16 angeordnet, die im wesentlichen das Hall-Element 13, also den Meßpol der Meßsonde umgibt. Diese Hochfrequenzspule 16 ragt noch in den Längenbereich des Permanentmagneten 12 hinein und kann auch vollständig in dessen Längenbereich angeordnet sein.

An der vom Meßpol abgewandten Stirnseite besitzt der Trägerkörper 10 eine einstückig angeformte scheibenartige Halterung 17. Ebenfalls gegenüberliegend zum Meßpol ist eine konzentrische scheibenartige Einformung 18 im Trägerkörper 10 vorgesehen, die zur Aufnahme eines Endbereichs eines weiteren nicht dargestellten Permanentmagneten dient, der mit dem ersten Permanentmagneten 12 in Reihe angeordnet wird, um das Magnetfeld zur Messung dickerer Schichten zu verstärken.

Zwei axiale Kanäle 19, 20 im Trägerkörper 10 dienen zur Aufnahme von elektrischen Leitungen zum Hall-Element 13 und zur Hochfrequenzspule 16. Der meßpolseitige Endbereich des Kanals 19 weist dabei noch eine radiale, zum Hall-Element 13 hinführende Fortsetzung 21 auf.

Bei der Schichtdickenmessung nach dem Wirbelstromverfahren haben der Permanentmagnet 12 und das Hall-Element 13 keine Funktion. Die Meßsonde wird mit ihrem Polelement 15 auf die zu messende, elektrisch nicht-leitende Schicht aufgesetzt, und die Hochfrequenzspule 16 wird mit hochfrequentem Wechselstrom gespeist, wodurch schnell wechselnde magnetische Felder erzeugt werden, die in dem elektrisch leitfähigen, jedoch nicht ferromagnetischen Träger der zu messenden nicht-leitenden Schicht Wirbelströme erzeugen, deren Magnetfelder dem von der Hochfrequenzspule erzeugten Magnetfeld entgegenwirken. Die Rückwirkungen auf die Meßspule werden in bekannter Weise zur Erzeugung eines elektrischen Meßsignals ausgewertet, welches der zu messenden Dicke der nicht-leitenden Schicht entspricht.

Soll dagegen die Dicke einer nicht-leitenden Schicht oder einer galvanischen Schicht auf einem magnetisch leitenden, also ferromagnetischen Untergrund bzw. Träger gemessen werden, so wird das an sich bekannte magnetinduktive Verfahren angewandt, bei dem die Hochfrequenzspule 16 keine Bedeutung hat. Der Permanentmagnet 12 erzeugt im ferromagnetischen Untergrund einen magnetischen Fluß, der mit Hilfe des auf die

magnetische Flußdichte ansprechenden Hall-Elements 13 erfaßt und in ein entsprechendes elektrisches Signal umgewandelt wird, das der zu messenden Schichtdicke entspricht. Weitere Einzelheiten der beiden bekannten Meßverfahren können dem eingangs angegebenen Stand der Technik entnommen werden.

Die Hochfrequenzspule 16 kann entweder in die Umfangsnut des Trägerkörpers 10 gewickelt werden oder aber sie wird von unten her, also meßpolseitig aufgeschoben und durch eine polseitige Abschlußplatte oder einen polseitigen Abschlußring 22 gesichert. Hierzu kann die stirnseitige Wandung des Trägerkörpers 10 auf der Meßpolseite als abnehmbare Scheibe, beispielsweise Ringscheibe ausgebildet sein.

Patentansprüche

1. Kombinierte Meßsonde für ein Meßgerät zur Messung der Dicke einer elektrisch nicht-leitenden Schicht auf einem metallischen Träger nach dem magnetinduktiven Meßverfahren und Wirbelstrommeßverfahren, mit einem Permanentmagneten, einem einzigen von diesem magnetisch durchfluteten Hall-Element, dessen vom Permanentmagneten wegweisende Seite den Meßpol bildet, und mit einer die Nord-Süd-Achse des Permanentmagneten umgreifenden Hochfrequenzspule, dadurch gekennzeichnet, daß das Hall-Element (13) direkt an einem der beiden Pole des Permanentmagneten (12) angeordnet ist, und daß die Hochfrequenzspule (16) im Längenbereich des Permanentmagneten (12) positioniert ist oder in diesen Längenbereich ragt.
2. Meßsonde nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Hall-Element (13) konzentrisch zum insbesondere zylindrisch ausgebildeten Permanentmagneten (12) angeordnet ist.
3. Meßsonde nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß ein nichtmetallischer Trägerkörper (10) zur Aufnahme und/oder als Halterung des Permanentmagneten (12), des Hall-Elements (13) und der Hochfrequenzspule (16) ausgebildet ist.
4. Meßsonde nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Hochfrequenzspule (16) in einer Umfangsnut des Trägerkörpers (10) angeordnet ist.
5. Meßsonde nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Permanentmagnet (12) und das Hall-Element (13) in konzentrischen Ausnehmungen (11, 14) des Trägerkörpers (10) angeordnet sind.
6. Meßsonde nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Trägerkörper (10) Leitungskanäle (19-21) für Leitungen zu den elektrischen Anschlüssen des Hall-Elements (13) und der Hochfrequenzspule (16) aufweist.
7. Meßsonde nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die als Meßpol ausgebildete Seite des Hall-Elements (13) mit einem unmagnetischen Polelement (15) versehen ist.
8. Meßsonde nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Polelement (15) als flaches Saphirelement ausgebildet ist.
9. Meßsonde nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß der axiale Durchmesser des Hall-Elements (13) zusammen mit dem Polelement (15) weniger als 1 mm beträgt.
10. Meßsonde nach einem der Ansprüche 3 bis 9,

dadurch gekennzeichnet, daß der Trägerkörper (10) Mittel (18) zur Aufnahme und/oder Anbringung wenigstens eines weiteren Permanentmagneten am ersten Permanentmagneten (12) aufweist, wobei die beiden Permanentmagneten stirnseitig aneinanderliegen. 5

11. Meßsonde nach einem der Ansprüche 2 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Länge des Permanentmagneten (12) weniger als 10 mm und der Durchmesser weniger als 5 mm beträgt. 10

12. Meßsonde nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Permanentmagnet aus einem SmCo- oder einem Neodym-Magnetmaterial besteht.

13. Meßsonde nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Hochfrequenzspule (16) im Längenbereich des Hall-Elements (13) angeordnet ist. 15

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

